STHL
WITHDRAWN
AUXLEY LIBRARY
LONDON

CONSEIL PERMANENT INTERNATIONAL
POUR L'EXPLORATION DE LA MER

PUBLICATIONS DE CIRCONSTANCE

N° 47

Cupboard
Shelf
Box

Dr. O. PETTERSSON
(STOCKHOLM)

GEZEITENAEHNLICHE BEWEGUNGEN DES TIEFENWASSERS

MIT EINER TAFEL

EN COMMISSION CHEZ
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

MAI 1909

CONSEIL PERMANENT INTERNATIONAL
POUR L'EXPLORATION DE LA MER

PUBLICATIONS DE CIRCONSTANCE

N° 47

DR. O. PETTERSSON
(STOCKHOLM)

GEZEITENAEHNLICHE BEWEGUNGEN DES TIEFENWASSERS

MIT EINER TAFEL

EN COMMISSION CHEZ
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

MAI 1909

COPENHAGUE — IMPRIMERIE BIANCO LUNO

GEZEITENAEHNLICHE BEWEGUNGEN DES TIEFENWASSERS

VON O. PETTERSSON

Die scharf ausgeprägte Schichtung der verschiedenen Wasserlager, welche für die nordöstlichen Nebenmeere des Atlantic charakteristisch ist und am deutlichsten hervortritt in den kontinentalen Küstengewässern, welche unter dem Einfluss des s. g. Baltischen Stromes stehen, hat es ermöglicht, die Niveauschwankungen des Bodenwassers und des Oberflächenwassers gesondert zu studieren. Die Resultate einer solchen Untersuchung im Sommer 1907 in den Dänischen Sunden habe ich unter dem Titel „Strömstudier vid Östersjöns portar" veröffentlicht in den Druckschriften der Schwedischen Commission[1]) und neulich in kurzer Übersicht in den Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde in Berlin[2]). Es hat sich herausgestellt, dass in den unteren Wasserschichten des Grossen Belts ein regelmässiger Wechsel von Ebbe und Flut stattfindet, welcher bei den gewählten Beobachtungszeiten 24.—29. Juli 1907 und 22.—27. Juli 1908 eine Amplitude von 2—3 Metern erreichte, während die gezeitlichen Niveauschwankungen der Wasseroberfläche nur etwa ein Zehntel davon oder 30—40 Zentimeter betrugen. Es stellte sich ferner heraus, dass zur Flutzeit die Hebung der Bodenschicht ventilartig hemmend auf die Ausströmung des Oberflächenwassers der Ostsee aus dem Grossen Belt einwirkte, während das entgegengesetzte Verhältniss, nämlich eine bedeutende Beschleunigung des ausfliessenden Stromes, eintrat in Folge der Niveausenkung der Unterschicht zur Ebbezeit. Wie dieser Gezeitenwechsel im Tiefenwasser des Belts auf die Wasserzirkulation der Ostsee einwirkt, wird in den oben zitierten Abhandlungen näher beschrieben. Es wurde dort erwähnt, dass der Wasseraustausch zwischen der Ostsee und dem Ozean seinem Charakter nach nicht verschiedenen ist von demjenigen, wodurch das Tiefenwasser der Skandinavischen Fjorde zeitweise entfernt und erneuert wird.

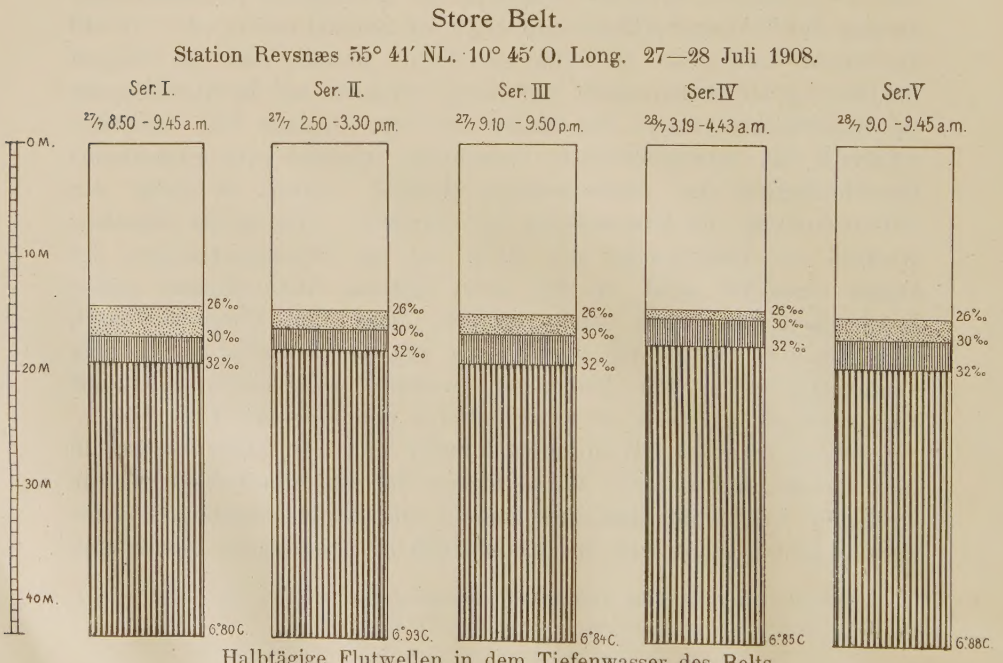
Wenn man die Niveauschwankungen und den Stromwechsel in den oberen und unteren Wasserlagern der Skandinavischen Fjorde studieren will, wählt man zweckmässig die Wintermonate als Beobachtungszeit, erstens weil der Unterschied in Temperatur, Dichte und

[1]) Svenska Hydrografisk Biologiska Kommissionens Skrifter III. (Sept. 1907).

[2]) Heft 12. „Über Meeresströmungen" v. O. Pettersson.

Salzgehalt dann am meisten ausgeprägt ist, und zweitens weil man in den inneren Teilen dieser Fjorde dann gewöhnlich auf dem Eise arbeiten kann. Das war der Fall in Januar—März dieses Jahres, wo wir täglich am 12.30 Uhr Nachmittags eine hydrographische Tieflotung auf dem Eise des Gullmarfjords von 0 bis 50 M Tiefe in unmittelbarer Nähe der Station Bornö ausführen konnten. Zum Vergleich wurden ähnliche Beobachtungen jede Woche ausgeführt an Bord des Schwedischen Untersuchungsdampfers Skagerak im offenen Skagerak und in der Mündung des Fjordes bei Lysekil. Zweimal, nämlich am 9. und 22. März, wurden gleichzeitig Beobachtungen und Strommessungen bei Lysekil vom verankerten Schiff während 24 Stunden ausgeführt bei Hoch- und Niedrigwasser. Die Beobachtungs-Serien sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Die Resultate treten am anschaulichsten hervor im dem Diagramm, worin die Lage der Isohalinen von 34 ‰, 33 ‰, 32 ‰ und 30 ‰, so wie diejenige der Isothermen von 6°, 5°, 4°, 3°, 2°, 1° und 0° C eingezeichnet ist.

Bei unseren Untersuchungen in Juli 1907 und 1908 im Grossen Belt lag die Grenze zwischen der oberen und unteren Wasserschicht in 18—20 M. Tiefe. Jede sechste Stunde erhob sich das Niveau der Unterschicht um etwa 2—3 Meter, um in den darauf folgenden 6 Stunden wieder zu sinken. Das folgende Diagramm, welches der bisher noch nicht publizierten Untersuchung von 1908 entnommen ist, zeigt



Halbtägige Flutwellen in dem Tiefenwasser des Belts.

durch die Lage der 32 ‰ Isohaline den periodischen Gang des Phänomens, welches sich dadurch ohne weiteres als ein Gezeitenphänomen des Tiefenwassers kennzeichnet. In der Grenzschicht zwischen dem ozeanischen Bodenwasser und dem Baltischen Wasser drang zweimal in 24 Stunden eine 2—3 Meter hohe unterseeische Flut-welle vom Kattegat in den Belt hinein.

Das Diagramm von Januar—März d. J. giebt ebenfalls ein Bild von einer periodisch in den Gullmarfjord einstürmenden unterseeischen Welle, welche aber eine andere Periodizität und eine weit grössere Amplitude besitzt. Die Periode (oder die Perioden) scheint hier eine halbmonatliche und monatliche zu sein, und die Amplitude dieser unterseeischen Wellen ist 15—25 Meter, also etwa zehnmal grösser als die halbtägigen Flutwellen, welche wir im Grossen Belt observierten und etwa hundertmal grösser als die gezeitlichen Niveauschwankungen im Oberflächenwasser, welche bei Lysekil in Februar—März 1909 nur 20—40 Zentimeter betrugen.

Wenn ich auch dieses Phänomen als ein „Gezeitenphänomen des Tiefenwassers" anspreche, wie der Titel oben lautet, so tue ich es aus den folgenden Gründen.

Erstens zeigt ein Blick auf das Diagramm, dass das Phänomen sich in nahezu derselben Tiefe 20—30 M. und in derselben Grenzschicht im Meer abspielt wie die halbtägigen Gezeitenwellen, welchen wir im Grossen Belt begegneten. Der Schauplatz ist, im Gullmarfjord wie im Grossen Belt, das Grenzlager zwischen dem s. g. Bankwasser von 33 ‰ und 32 ‰ Salzgehalt und der darauf ruhenden Schicht des Baltischen Wassers von geringerem Salzgehalt. Man wird a priori voraussetzen, dass in einem Niveau, worin die halbtägigen Gezeiten so markiert hervortreten, auch die halbmonatlichen, monatlichen u. s. w. nicht fehlen können.

Zweitens deutet der allgemeine Charakter des Phänomens unverkennbar auf einen Einfluss des Mondes hin. Fragt man aber von welcher monatlichen Periode dieses Phänomen regiert wird, so steht man vor einer schwierigen Aufgabe. Die monatlichen Perioden, welche hier einspielen könnten, sind:

der synodische	Monat	= 29,531	Tage
- tropische	—	= 27,322	—
- anomalistische	—	= 27,555	—
- siderische	—	= 27,322	—[1])
- nodische	—	= 27,212	—

Um die Diskussion zu erleichtern, habe ich in dem Diagramm einige Daten eingezeichnet, welche den Mond-Ephemeriden entlehnt sind, wie die Zeiten für Vollmond und Neumond etc., die Deklination und die Parallaxe des Mondes.

[1]) Die beiden letztgenannten Perioden lasse ich unberücksichtigt.

Ein Blick auf das Diagramm zeigt, dass der synodische Mond nicht massgebend oder wenigstens nicht allein massgebend sein kann. Die Wellenspitzen scheinen nicht nach 29. . . Tagen sondern nach etwas kürzerer Zeit einzutreffen, und die ganze Periode scheint sich mehr nach dem tropischen Monat (Periode 27,322 Tagen) und dem anomalistischen Monat (Periode 27,555 Tagen) zu richten. Aber auch diese Erklärung ist nicht erschöpfend. Zwar scheint es aus den Beobachtungen im Februar hervorzugehen, dass die Anschwellung des Tiefenwassers in denjenigen Tagen eintrifft, wo der tropische Mond entweder eine hohe nördliche oder südliche Deklination hat, aber die Beobachtungen am 1. März zeigen, dass Niedrigwasser in der Grenzschicht auch zur Zeit einer hohen nördlichen Deklination (= 24° 53′) eintreten kann.[1])

Der anomalistische Mond mit seinem Perigeum und Apogeum übt augenscheinlich einen bedeutenden Einfluss auf das Phänomen aus, wie es aus dem Diagramm hervorgeht. Das Perigeum zur Zeit der Equinoctien 20.—22. März, welches noch dazu mit Neumond verbunden war, vermochte aber nicht eine Welle von ungewöhnlich grosser Amplitude hervorzurufen. Das wahrscheinlichste ist, dass diese Tiefseewellen unter dem kombinierten Einfluss des synodischen, des tropischen und des anomalistischen Mondes stehen. Die riesige Anschwellung des Tiefenwassers Ende Januar und Anfang Februar 1909 ist wahrscheinlich eine Wirkung der hohen nördlichen Deklination des Mondes am 2. Februar, des Vollmondes am 7. Februar und des Apogeums desselben am 6. Februar. Das Ausbleiben des Wellenkammes am 20.—22. März, trotz des gleichzeitigen Eintreffen von Neumond und Perigeum, könnte man in Verbindung setzten damit, dass diese günstigen Umstände dadurch gewissermassen kompensiert waren, dass die Deklination des Mondes am selbigen Tage nur den Werth von 12° bis 0° S. erreichte u. s. w. In solchen Fällen wie diesen greift der Physiker zu dem bekannten Hälfsmittel der harmonischen Analyse, um den Einfluss der verschiedenen Perioden von einander zu sondern. Ein jeder welcher die hydrographischen Arbeitsmethoden kennt muss aber gestehen, dass ungewöhnliche Schwierigkeiten mit der Anwendung dieses Hülfsmittels im gegenwärtigen Falle verknüpft sind. Es erfordert nämlich lange und exakte Serien von Konstantenbestimmungen und würde eine ausserordentlich weitläufige analytische Arbeit erfordern, da die Amplituden und die Dauer der Anschwellungen nur durch chemische Analysen von Stichproben aus verschiedenen Tiefen zu erhalten sind. Die Beobachtungsserie, woraus das Diagramm konstruirt ist, umfasst nicht weniger als 500 Analysen und besteht

[1]) Es ist jedoch zu bemerken, dass der Mond damals sich nahe seiner Quadratur befand, eine Situation, welche auf die Gezeitenphänomene überhaupt eine abschwächende Wirkung ausüben muss.

doch nur aus täglichen hydrographischen Tieflotungen. Wenn man zu stündlichen Observationen in allen Niveaus greifen wollte, würde die Arbeit kaum zu leisten sein, falls man nicht automatisch registrierende Apparate in die internationale Arbeit einführen kann.

Drittens: Es geht aus der ganzen Beobachtungs-Serie eine Regelmässigkeit hervor, welche auf den Einfluss des Mondes als Hauptursache des Phänomens hinweist. Es tritt nämlich immer Ebbe im Tiefenwasser auf, wenn der Mond die Deklination 0° hat, d. h. wenn derselbe sich im Equatorplan der Erde befindet. In dieser Stellung muss seine Wirkung auf die Gewässer beider Hemisphären die gleiche sein in korrespondierenden Latituden, und die Niveaudifferenzen, welche bei extremen Stellungen des Mondes irgendwo entstanden, müssen die Tendenz haben sich auszugleichen.

Nach dem oben Gesagten wäre es verfrüht, bestimmte Schlüsse auf die primären Ursachen der Periodizität zu ziehen. Es treten aber hier — wie immer wenn neue Natur-Verhältnisse zum Vorschein kommen — eine Fülle von neuen Fragen und Gesichtspunkten hervor, welche neue Möglichkeiten in Aussicht stellen, die bei einer weiteren Forschung zu prüfen sind.

Erstens stellt sich die Frage: ob die monatlichen und halbmonatlichen Gezeiten des Tiefenwassers ein lokales Phänomen sind, oder ob ähnliche Niveauschwankungen in der Form von unterseeischen Flutwellen auch im offenen Meer auftreten, dort wo eine Oberflächenschicht von verschiedener Herkunft das Bodenwasser überlagert.

Die Station Bornö ist belegen in 58° 24′ Lat., 11° 33′ Long. auf einer Insel in dem Gullmarfjord, wo die Wassertiefe 55 Meter ist. Da dieselbe an der Mündung des Fjords bei Lysekil, 10 naut. Meilen SSW. von Bornö, auch ungefähr 50 Meter ist, stehen die Wasserlager, worin die folgenden Observationen genommen wurden, in freier und ungehinderter Kommunikation mit den entsprechenden Wasserschichten im Skagerak und in dem Nordmeer. Dasselbe Wasserlager von 34 ‰ Salzgehalt und 4°—6° C. Temperatur, welches bei Bornö und Lysekil und im ganzen Gullmarfjord die Bodenschicht bildet, reicht in dem zentralen Teil des Skagerak bis an die Oberfläche[1]). Längs der Schwedischen Küste wird es überlagert von den kalten und ausgesüssten Schichten des Baltischen Stromes, welcher zu dieser Jahreszeit eine Temperatur von höchstens + 1° C. und einen Salzgehalt unter 30 ‰ besitzt. Die Isohalinen von 32—34 ‰ neigen sich also von der Mitte Skageraks gegen die Küste, wo wir sie in Tiefen, welche zwischen 5 Metern und 35 Metern schwanken, trafen. Es sind diese Oscillationen der Unterschicht, welche in unseren Fjorden als monat-

[1]) oder nahe an die Oberfläche. Das ist das gewöhnliche Verhältniss im Winter. [Siehe Grunddragen af Skageraks och Kattegats Hydrografi. K. V. Akademiens Handl. Stockholm.]

liche und halbmonatliche Gezeitenwellen der Bodenschicht auftreten. Wenn die Bodenschicht anschwillt, muss sich das Baltische Wasser in der Oberfläche ausbreiten und die Grenze des Baltischen Stromes verschiebt sich nach Westen. Wenn das Niveau des 34 ‰ Wassers an der Küstenbank und in dem Inneren des Fjordes sinkt zur Ebbezeit des Tiefenwassers, sammelt sich das Wasser des Baltischen Stromes in der Furche längs der Küste, uud seine Grenze in der Oberfläche rückt näher an die Küste. Der Strom wird schmäler und tiefer.

Es wurde während der Schwedischen Terminfahrt in Februar ein Querschnitt ausgeführt in west-östlicher Richtung von der Norwegischen Küste (Öster Risör) über die tiefe Mulde des Skageraks bis zu der Schwedischen Küstenbank vor Lysekil am 7.—9. Februar. Die umstehende Figur zeigt die Lage der Isohalinen auf dieser Strecke. Das Wasser des Norwegischen und Schwedischen Küstenstromes [des s. g. „Baltischen Stromes] bildet dünne keilförmige Schichten [punktierte Area] zu beiden Seiten des Querschnitts. Sonst bildet das Bankwasser von 32 ‰ und 33 ‰ Salzgehalt die Oberflächenschicht, welche unmittelbar auf der mächtigen Tiefwasserschicht von 34 ‰ und 35 ‰ ruht. Es ist Flutperiode und das 34 ‰ Wasser hat sein höchstes Niveau erreicht (vergleiche hiermit die Angaben in den Observationstabellen und im Diagramm vom 9. Februar).

3—4 Tage danach ist die Ebbeperiode eingetreten. Wir haben leider keinen ganzen Querschnitt vom Skagerak zu dieser Zeit, aber eine Serie von exakten Lotungen, teils innerhalb des Gullmarfjords teils ausserhalb des Schärengürtels vor der Mündung desselben, welche zeigen, dass sowohl das 34 ‰ Wasser wie das Bankwasser, repräsentiert von den Isohalinen 32 ‰ und 33 ‰, damals beträchtlich tiefer stand in dem Fjord selbst und vor der Küstenbank als am 7.—9. Februar. Es hatte sich dort diejenige hydrographische Situation, welche ich anderswo als die „kontinentale Randfurche im Meer“ bezeichnet habe, ausgebildet. In dieser nun vertieften Wasserfurche hatte sich das eiskalte Wasser der Baltischen Küstenströmung angesammelt und floss als ein schmaler aber relativ tiefer Küstenstrom entlang der Küste.

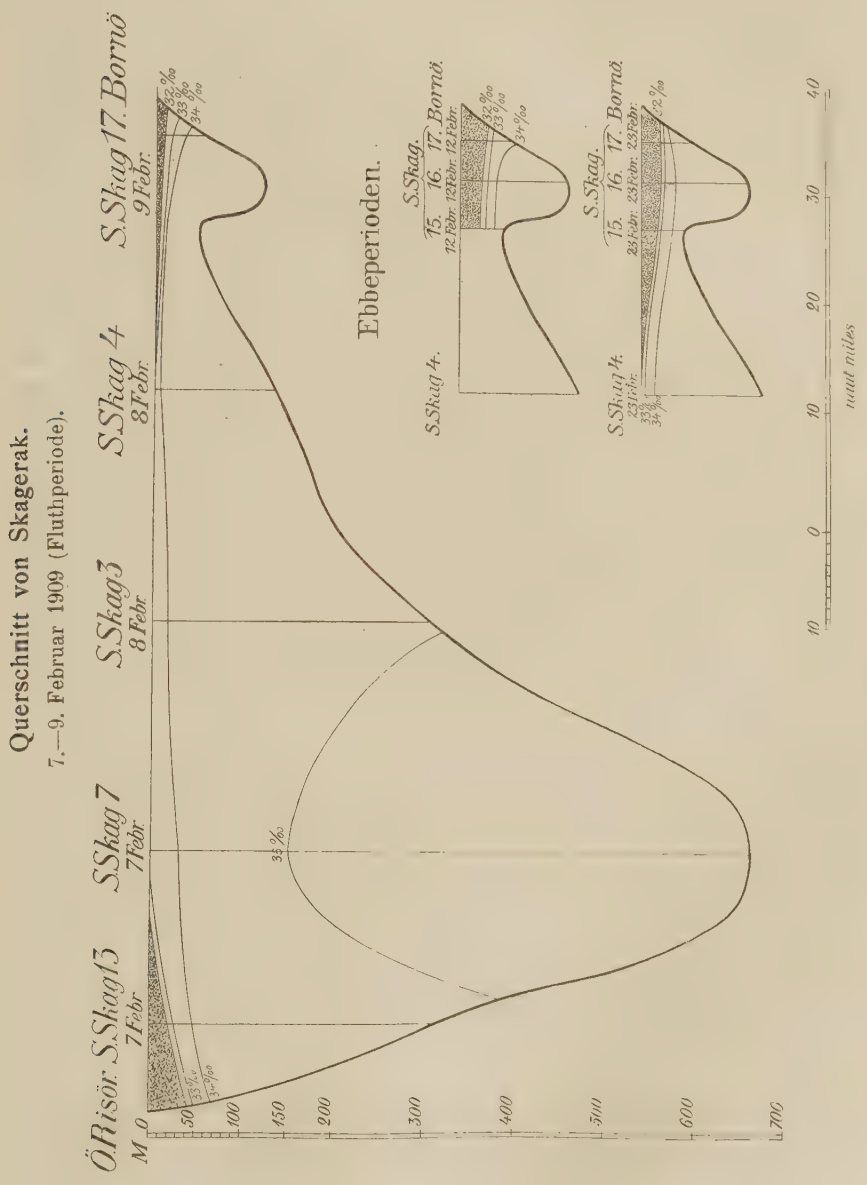
Diese Küstenströmung führt also unter dem Einfluss der Gezeiten der unteren Wasserlager rythmische Schwingungen aus, wird abwechselnd breiter und flacher oder tiefer und schmäler u. s. w.

Über die Ursache und den allgemeinen Charakter dieses Gezeitenphänomens werde ich hier nur versuchen eine Andeutung zu geben.

Wenn ich in der Einleitung von „einstürmenden unterseeischen Wellen von grosser Amplitude“ gesprochen habe, so ist das figürlich zu verstehen. Die Erscheinung macht zwar den unmittelbaren Ein-

druck von einer Wellenbewegung, dürfte aber vielmehr einer anderen damit verwandten Gruppe von Phänomenen angehören.

Wenn in einer (relativ) unbegrenzten Wasserschicht irgendwo



eine lokale Gleichgewichtstörung entsteht, so entstehen ringsum dem Störungszentrum Oszillationen welche als freie Wellen sich weiter fortpflanzen. Stossen dieselben auf ein Hinderniss, so entstehen reflek-

tierte Wellen, Brandungen u.s.w. Hat das Störungszentrum selbst eine fortschreitende Bewegung,, so entsteht ein System von „gezwungenen Wellen", welche in der Umgebung neue Systeme von freien Wellen induzieren. Diese Anschauung liegt seit Laplaces Zeit der Mehrzahl der modernen Theorien über die Gezeitenphänomene zu Grunde. Durch Airy, Börgen u. A. ist der Nachweis geliefert, dass die induzierten freien Wellen harmonisch mit den gezwungenen mitschwingen können, aber man hat niemals vermocht weder den Ursprung der gezwungenen Wellen im Ozean zu finden, noch die Grenzen zwischen denselben und den induzierten freien Wellensystemen zu definieren.

Wenn in einer begrenzten Wassermasse irgendwo eine vorübergehende Störung eintrifft, so gerät die ganze Wassermasse in Schwingungen um die frühere Gleichgewichtslage. Das ist das bekannte Phänomen der s. g. „Seiches". Nach Ferrel würde das Gezeitenphänomen, wenigstens im Atlantic, auf solche meistens uninodale Schwingungen zurückzuführen sein. Die Schwierigkeiten welche diese Erklärung stösst, sind allbekannt. Es liegt in dem Begriff der Seiche, dass die Störung vorübergehend sein soll, so dass die Wassermasse nachher sich selbst überlassen bleibt, um nach bekannten Gesetzen ihre Schwingungen auszuführen. Das kann aber nicht der Fall sein in dem Gezeitenphänomen, besonders nicht in den s. g. parallaktischen Gezeiten, weil die Anziehung des Mondes nicht vorübergehend sondern stetig, wenn auch periodisch, auf das Wasser der beider Hemisphären einwirkt (wenn man nicht zu einem neuen Begriff von „gezwungenen Seiches" greifen will, der sich als identisch mit dem Folgenden herausstellen würde).

Wenn in einer begrenzten Wassermasse eine stetig wirkende Kraft eine lokale Störung verursacht, so werden dadurch die Niveauflächen der verschiedenen Wasserlager deformiert und es entsteht nach einiger Zeit ein Auftrieb oder eine Anstauung des Wassers, welcher so lange dauert als die störende Kraft Gleichgewicht gegen die Schwere hält.

Das hier besprochene Phänomen scheint am meisten den Charakter eines solchen periodisch wiederkehrenden Wasserstaus der Bodenschicht des Meeres unter dem Einfluss der Gestirne (Sonne u. Mond) zu haben.

Der Einfluss dieser Gezeiten des Tiefenwassers auf die Wasserzirkulation in den Fjorden muss einem folgenden Aufsatz vorbehalten bleiben. Hier mag nur in aller Kürze erwähnt werden, dass dieselben wahrscheinlich nicht ohne Einfluss auf die Fischerei sind.

Der Häringfang im Skagerak im Winter ist nahe verbunden mit einer gewissen hydrographischen Situation, nämlich mit dem Vorkommen des s. g nördlichen Bankwassers (von 32 ‰ u. 33 ‰ Salzgehalt)

vor den Küstenbänken. Man ersieht aus dem Diagramm, dass dieses Wasserlager, welches noch am Ende vom Januar zur Zeit der grossen Anschwellung des Tiefenwassers eine bedeutende Mächtigkeit hatte, allmählich in den darauf folgenden Ebbeperioden abnahm, um schliesslich im März zu verschwinden. Es ist ein beachtenswerter Umstand dass die Häringfischerei dieses Jahres die grösste Ausbeute gab gerade in der Woche 31. Januar—6. Februar [50000 HL] und in den Tagen 20.—23. Februar [35000 HL], wo die ersten grossen Anschwellungen des Tiefenwassers observiert wurden, um danach (27 Februar) aufzuhören. Dass die Häringschwärme von den Küstenbänken sich zurückziehen, sobald das kalte Baltische Wasser dort einsetzt, wurde schon 1877 von G. Ekman entdeckt; dass diese Erscheinung ein Ausschlag von einem Gezeitenphänomen ist war aber bisher unbekannt.

Da diese Oszillationen rythmisch erfolgen, und von den verschiedenen Mondperioden reguliert werden, erübrigt es zu sehen, ob man in unseren Meeren auch andere Gezeitenphänomene von jährlicher (oder noch längerer Periode) hat, welche dann von der relativen Stellung der Erde zu der Sonne verursacht sein müssen.

In der That giebt es ein solches Phänomen, welches G. Ekman und ich in 1890 entdeckten und als die „Systole“ und „Diastole“ des Meeres bezeichneten. Es besteht darin, dass im Spätsommer und Herbst das Atlantische Tiefenwasser im Skagerak eine Anschwellungsperiode und im Winter und Frühling eine Ebbeperiode hat. Diese Anfangs angezweifelte jährliche Periodizität darf man wohl jetzt als konstatiert betrachten nach den 7 Jahre fortgesetzten internationalen Untersuchungen[1]).

Eine anderes Phänomen, worauf ich in der Abhandlung[2]) „Über die Wahrscheinlichkeit von periodischen und unperiodischen Schwankungen in dem Atlantischen Strome und ihren Beziehungen zu meteorologischen und biologischen Phänomenen“ aufmerksam machte, ist die jährliche Periodizität des Wasserstandes, welches in der Ostsee und Nordsee ebenso wie in dem nördlichen Teil des Atlantic im Herbst sein Maximum und im Frühling sein Minimum erreicht. Ein anderes Phänomen ist die bekannte von Koldewey und Krümmel nachgewiesene Verschiebung des Wind- und Stromgebietes der Passatregion nach Norden und Süden mit den Jahreszeiten und die von Cleve, Ekman und mir gefundene Ausbreitung des warmen tropischen Oberflächenwassers

[1]) M. Knudsen resumiert im Ergänzungsheft zum Bulletin 1906—1907, Seite 19 u. 20 die bisher darüber gemachten Erfahrungen folgendermassen: „Man sieht also, dass die Periode so deutlich hervortritt, dass ihre Existenz als über jeden Zweifel erhaben zu betrachten ist. Die Ebbeperiode mit niedrigem Salzgehalt tritt im Mai ein, während die Flutperiode mit hohem Salzgehalt im Herbst oder gegen Winter eintrifft.“

[2]) Svenska Hydrografisk Biologiska Kommissionens Skrifter Heft III.

(der eigentlichen Golfstromzirkulation) gegen Afrikas und Europas Küste in den Herbstmonaten. Es scheint, als ob im Meer jährlich ein Andrang des Wassers gegen die Südliche Hemisphäre im Winter und Frühling, und gegen die Nördliche Hemisphäre im Sommer und Herbst statt fände — ein Gegenstück zu dem bekannten, von Buchan entdeckten, atmosphärischen Phänomen von entgegengesetzter Periode.

Schon vor dreissig Jahren hat J. H. Schmick [1]), gestützt auf Wasserstandsbeobachtungen in Sydney, S. Francisko, in der Ostsee u. s. w., die Hypothese aufgestellt, dass die Sonne jährlich eine zweifache Hebung des Meeresspiegels auf beiden Hemisphären verursacht, welche zur Zeit der Equinoctien in März und September jedesmal wieder zurücksinkt. Die Erhebung des Meeresspiegels erreicht eine merklich grössere Höhe auf derjenigen Halbkugel über welcher sich das Perihel befindet [1]). Ein analoges Phänomen von halb-monatlicher Periode wird von dem Mond verursacht.

Über die jährlichen Ebbe- und Fluthperioden der tieferen Wasserlager des Nordmeeres hat man noch keine Beobachtungen [2]), sie geben sich aber indirekt kund durch ihre periodischen Einwirkungen auf dem kontinentalen Küstenwasser der Ostseite dieses Meeres. Die „kontinentale Randfurche" dort vertieft und verflacht sich nämlich ebenso wie in Skagerak und gleichzeitig nimmt das Küstenwasser eine kleinere und eine grössere Area ein in der Oberfläche. Bei der ersten Fahrt „Michael Sars" im Sommer 1900 fanden Hjort und Nansen die Grenze des Küstenwassers mehr als 100 Seemeilen entfernt von der Küste (in August). Die späteren Norwegischen Beobachtungen enthalten reichliche Beweise dafür dass im Winter und Frühling diese Grenze sich der Norwegischen Küste nähert. Da diese Beobachtungen noch nicht vollständig publiziert sind muss ich von einen weiteren Diskussion der Sache abstehen.

[1]) J. Schmick wollte aus dieser jährlichen Wasserverzetzung eine fortwährende sekuläre Accumulation von Wasser gegen diejenige Hemisphäre herleiten, worüber das Perihel während einer halben Periode der Präzession der Nachtgleichen sich befindet, eine Hypothese die natürlich unhaltbar war und die er auch später zurückrief. Die Frage von dem Einfluss der Deklination der Sonne auf die horizontalen jährlichen Bewegungen der Wasserlager des Ozeans ist aber noch jetzt aktuell und harrt ihrer Lösung.

[2]) Irregulare Hebungen und Senkungen in der Grenzschicht zwischen dem Atlantischen Wasser und der Oberflächenschicht wurden zuerst von Nansen in dem Polarbassin in 200—300 M. Tiefe observiert. Nachher fand Helland Hansen Andeutungen von „unterseeischen Wellen" in den vertikalen Ausbuchtungen der Isohalinen und Isotermen im Nordmeer in der Grenze zwischen dem Tiefenwasser und dem Atlantischen Wasser.

Es scheinen diese Beobachtungen anzudeuten, dass ähnliche Gezeitenphänomene als die hier besprochenen sich auch im Ozean abspielen, und dass man sowohl mit von der Sonne als von dem Mond geregelten Perioden von jährlicher, monatlicher und täglicher Dauer u. s. w. zu rechnen hat. Von diesem Gesichtspunkte aus wird man erwarten können, dass eine fortgesetzte Untersuchung der Gezeiten des Tiefenwassers in unseren Fjorden gewissermassen andere Verhältnisse für das Sommerhalbjahr als für den Winter ergeben wird, und dass diese Phänomene in verschiedenen Jahren einen verschiedenen Charakter annehmen. Die Untersuchung wird fortgesetzt. Es ist natürlich dringend nötig, dass solche Beobachtungen gleichzeitig an verschiedenen Stellen gemacht werden, z. B. in dem Belt, in Schwedischen und Norwegischen Fjorden, in der Gibraltar Strasse, im Loch Fyne in Schottland, in den Meeresengen welche die Bothnische Wiek mit dem Bothnischen Meerbusen verbinden u. s. w. Die internationale Meeresforschung wird durch ihre Organisation diese Cooperation erleichtern.

Summary.

This paper contains a description of movements in the deepwaters of the Skagerak which were observed in January, February and March at the Swedish station Bornö in the Gullmarfjord, Lat. 58° 24′ N. Long. 11° 33′ E. The observations were taken dayly at 12.30 p. m. by means of hydrographic deepsoundings from the ice. The annexed diagram shows the variations in the position of the isotherms and isohalines.

These variations take the form of great submarine waves which enter the fjord at intervals corresponding with the variations in the declination and the distance of the moon. As the phenomenon thus seems to be ruled by the combined influence of the synodical, the tropical and the anomalistic monthly periods, I have noted the phases, the declination and the parallax of the moon in the diagram. When the declination is = 0 there seems invariably to begin slack tide in the deepwater.

It is noticeable that these variations of monthly and half-monthly period take place in the same water-layer as the diurnal tidal phenomenon which I discovered in the deepwater of the Great Belt in July 1907 and 1908 (see fig. p. 2), viz. in the boundary between the Baltic surface water and the Bankwater of 32 ‰ and 33 ‰

salinity[1]). They furthermore throw new light upon some variations of similar nature but of an annual periodicity which were first discovered by the Swedish hydrographic expedition in 1890[2]) in Skagerak and were found to exist also in the Norwegian Sea on a still grander scale by Dr Hjort[3]).

The existence of tidal phenomena in the deepwater can only be studied in such places were waterlayers of different origin are superposed upon each other, as is the case in the eastern tributaries of the N. Atlantic, the Baltic, the Kattegat, the Skagerak and the Norwegian Sea where the continental water, here represented by the Baltic current, flows along the coast like a broad river in a channel, the bottom and outer boundary of which consists of oceanic waterlayers (Bank-water in the Skagerak, Atlantic or Gulfstreamwater in the Norwegian Sea). Tidal movements in these underlying waterstrata will by alternating upheavals and depressions cause rythmical expansions and contractions in the surface of the coastal water whose outer boundary (the „Schaumrand") alternately diverges from the coast and approaches to it. The fig. on p. 7 represents a section across the Skagerak in a west-easterly direction from the Norwegian coast off Öster Risöer to the Swedish coast, Lysekil at the entrance of the Gullmarfjord. It was made the 7.—9. February 1909 at a period of flow in the deepwater (see the diagram).

Three days afterwards, on the 12. February, when the ebb-period was setting in, the easterly part of this section was repeated with the result shown in the second part of the fig. on p. 7. The ice-cold coastal surface-water then had deepened in the fjord and outside on the Swedish coast bank. The area covered by the Baltic current had diminished. The same situation was repeated at the next ebb-period the 23th February.

The tidal phenomenon in the underlying deep-water thus has the character of an oscillation, which can have daily, monthly and annual periods.

The observations in the Great Belt from July 1907 and 1908 (see the fig. on p. 2) give an example of the daily period, the amplitude of which is about 2—3 Meter, the difference in the surface between high and low water being only 0.3—0.4 Meter.

The annexed diagram from the Gullmarfjord gives an example of monthly or halfmonthly tides in the same boundary between

[1]) O. Pettersson, Strömstudier vid Östersjöns portar. Svenska Hydrografisk Biologiska Kommissionens Skrifter Heft III (by Springer in Berlin). ´Über Meeresströmungen, Vortrag in der Inst. f. Meereskunde (by Mittlers Hofbuchh. Berlin 1908).

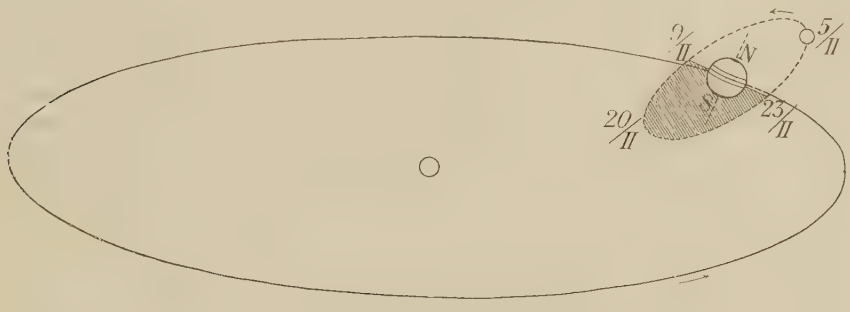
[2]) Grunddragen af Skageraks och Kattegats hydrografi. K. V. Akademiens Handl. Stockholm.

[3]) Skageraks tillstånd under den nuvarande Sillfiskeperioden, von Cleve, Ekman, Hjort and Pettersson. Christiania und Gothenburg 1894.

the Bankwater and the Baltic water with amplitudes of up to 25—30 Meters.

The great annual oscilllation of the coastal water in the Norwegian Sea shows amplitudes of more than 100 Meter, and the corresponding expansion of the coastal waters in the surface to the westward in the summer-months was found by Hjort and Nansen [1]) to cover an area more than 100 miles broad. If this phenomen, as I am prone to beleive, is of a tidal nature, it must be due to the suns influence.

The following figure shows in a schematical way the relative position of the sun, the earth and the moon at the commencement of our period of observation in February 1909.



If we begin with the moon we find the fullmoon (the 5th February) near to its apogeum (the 7th) with a high northerly declination 24° 24′ N. the 2nd February when the first great submarine wave of the deep water broke in. Between the 9th and the 10th February the moon passed the equatorplane of the earth and the upheaval of the deep-water subsided (12th February and following days). On the 17—18th February when the moon attained a high southerly declination 22° 49′ S. there was a new upheaval ("nadir-wave") reinforced by newmoon and perigeum (the 20th). This wave subsided when the moon again (22th—23th Febr.) passed through the equatorplane of the earth etc.

On the 1st of March the moon again attained a high northerly declination 24° 33′ and we ought on that account to expect an upheaval of the deepwater. The moon however then had just passed its quadrature which position always is accompanied by slack tide. Slack tide also set in as usual when the moons declination changed from N. to S. the 9th—10th March. On the 20th—22th (Equinox) there ought to have occurred an upheaval on account of the perigeum & full-moon,

[1]) See the results of the first cruise of Michael Sars in the summer 1901. The Norwegian hydrographers and biologists think that this great expansion of the coastwater in summer is due to the increased debit of fresh water from the Norwegian rivers and fjords at that season of the year.

but the influence of that situation seems to be counterbalanced by the low declination 0° 06′ S. of the moon (and the sun) on that day. The unruly rapid changes in level of the boundary layer at the time of the Equinox indicate that tidal influences of opposite nature are in action.

The moon thus seems to have a tendency to accumulate the deep-water of the Skagerak against the (eastern) coastbank whenever he attains a high northerly (or southerly) declination.

It seems not unlikely that the sun exercises a similar influence upon the waters of the ocean at that season of the year (winter) when the sun is near to its perigeum and its maximum of southerly declination. We can expect a flow to take place then from the northern to the southern hemisphere which is in a certain way counterbalanced by the transmittance of a part of the atmosphere (about 0.2 % of the total mass of the air) in the opposite direction from the southern to the northern hemisphère (according to Buchan, Baschin a. o.). There are a number of facts to corroborate this view which I have discussed in the paper "Über die Wahrscheinlichkeit von periodischen und unperiodischen Schwankungen in dem Atlantischen Strome". Such are:

the slackening of the Atlantic (or "gulfstream") current in the northern parts of the Atlantic in winter and early spring,

the low waterlevel of the surface of the sea in the Baltic, the North Sea, the Norwegian Sea at that time of the year,

the migration southwards in winter of the wind and current system of the trade wind region and the corresponding extension of the warm water area of the tropics towards the coasts of Africa and Europe in autumn.[1])

The attraction of the sun and moon upon the waters of the ocean do not seem however to be the sole agent of the phenomenon in question.

It is in fact difficult to imagine how this attraction can act in a different manner upon two waterlayers (the surface water and the deep water) in the same part of the ocean. Likewise the idea of tidal waves of so long periodicity as those described in the annexed diagram existing in a limited part of the ocean as Skagerak presents almost insurmountable difficulties, whether they are assumed to have the character of forced or of free waves. On the contrary the whole character of the phenomenon bears out the idea that it is essentially an oscillation in the deep water of the ocean, the origin of which must be left to future investigation to discover.

Whatever may be the main cause of these phenomena there can

[1]) See Cleve, Ekman and Pettersson: Les variations annuelles de l'eau de surface de l'ocean Atlantique. Gothenburg 1901 (Springer in Berlin).

be no doubt of their influence upon the fish-life and the fisheries of our seas. Already in 1877 G. Ekman discovered that the herring shoals vanished suddenly from the Swedish fjords and from the coast bank whenever the icecold Baltic water accumulated there. The same observation was found to hold also in this winter. The greatest catches of herring of this year were made on the 1st – 6th February (50000 HL)[1]) and on the 20th—23th February (35000 HL) when the warm and salt deep water had its periods of flow. In the ebb-periods the fishery was almost nil and ceased altogether about the 27th February.

[1]) I am indebted for these dates to the Fishery director of Bohuslän Dr K. A. Andersson.

Observationstabellen.

Die Analysen wurden von Hrn. V. Søderberg ausgeführt.

30. Januar 1909 12,30 p. m.
B = 745,3 Wind = NW 2^m/sec.
W = Wassernivau — 2 cm

Tiefe Meter	Temp. Celsius	Cl ‰	S ‰	σ_0	σ_t
0	+0°20	0,22	0,40	0,31	0,32
10	1°58	15,08	27,25	21,89	21,82
20	2°31	15,62	28,22	22,67	22,56
30	3°98	17,26	31,18	25,05	24,78
32	5°70	18,27	33,01	26,52	26,04
33	6°16	18,43	33,30	26,75	26,20
35	6°27	18,50	33,42	26,86	26,29
40	6°40	18,57	33,55	26,96	26,38
48,5	6°32	18,43	33,30	26,75	26,19

31. Januar 1909 12,30 p. m.
B = 744,9 Wind = N 6 m W = + 10 cm

0	+0°20	0,45	0,83	0,63	0,64
2	1°09	13,32	24,07	19,34	19,31
10	1°66	15,17	27,41	22,02	21,95
20	2°55	15,94	28,80	23,14	23,01
25	3°48	16,89	30,52	24,52	24,30
30	6°15	18,49	33,40	26,84	26,30
42	6°50	18,61	33,62	27,02	26,43

1. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 746,9 Wind = N 5 m W = + 14 cm

0	+0°35	0,91	1,67	1,27	1,28
1	0°89	12,50	22,59	18,15	18,13
5	1°75	15,24	27,54	22,12	22,05
10	3°22	16,66	30,10	24,18	23,98
15	4°25	17,57	31,74	25,50	25,20
20	5°15	17,96	32,45	26,07	25,67
25	5°88	18,51	33,44	26,87	26,35
30	6°18	18,61	33,62	27,02	26,46
40	6°34	18,64	33,68	27,06	26,49
49,5	6°49	18,65	33,69	27,07	26,48

2. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 756,7 Wind = O W = — 13 cm

0	+0°42	1,02	1,87	1,43	1,45
1	1°18	13,47	24,34	19,56	19,52
2	1°72	15,14	27,36	21,98	21,91
4	2°55	15,83	28,60	22,98	22,86
6	4°25	17,51	31,64	25,42	25,12
8	4°90	18,01	32,54	26,14	25,76
10	5°25	18,17	32,83	26,38	25,96
15	+6°26	18,46	33,35	26,80	26,23
20	6°40	18,56	33,53	26,94	26,36
30	5°58	18,75	33,87	27,22	26,74
40	5°58	18,81	33,98	27,31	26,82
50,5	5°75	18,80	33,96	27,29	26,79

3. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 738,2 Wind = N 4 m W = ± 0 cm

0	+0°34	3,74	6,78	5,41	5,42
2	0°98	14,94	27,00	21,69	21,65
4	2°35	15,98	28,87	23,25	23,08
6	3°82	17,33	31,31	25,16	24,90
8	4°64	17,94	32,41	26,04	25,69
10	5°31	18,19	32,86	26,40	25,96
15	6°20	18,48	33,39	26,83	26,27
20	6°54	18,76	33,89	27,23	26,64
30	5°70	18,86	34,07	27,38	26,88
40	5°50	18,87	34,09	27,39	26,91
50	5°43	18,87	34,09	27,39	26,92

4. Februar 1909 12,25 p. m.
B = 739,2 Wind = N 4 m W = + 19 cm

0	+0°11	1,38	2,52	1,96	1,97
0,5	0°95	12,09	21,85	17,55	17,53
2	1°68	14,87	26,87	21,59	21,53
4	2°66	16,02	28,95	23,25	23,10
6	3°81	17,30	31,26	25,11	24,86
8	4°35	18,00	32,52	26,13	25,81
10	5°16	18,17	32,83	26,38	25,96
15	6°29	18,46	33,35	26,80	26,23
20	6°10	18,75	33,87	27,22	26,68
30	5°75	18,87	34,09	27,39	26,89
40	5°75	18,97	34,27	27,54	27,04
50	5°95	18,98	34,29	27,57	27,04

5. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 750,6 Wind = N 2 m W = — 23 cm

0	+0°16	1,69	3,08	2,41	2,42
2	2°21	15,33	27,70	22,25	22,14
4	3°68	17,07	30,84	24,78	24,54
6	4°51	17,79	32,14	25,82	25,48
8	5°08	18,01	32,54	26,14	25,74
10	5°42	18,18	32,84	26,39	25,97
15	6°47	18,56	33,53	26,94	26,47
20	6°10	18,66	33,71	27,09	26,67

Tiefe Meter	Temp. Celsius	Cl ‰	S ‰	σ_0	σ_t
30	+5°75	18,72	33,82	27,18	26,69
40	5°85	18,94	34,22	27,49	26,97
50	5°95	18,99	34,31	27,57	27,04

6. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 759,7 Wind = O W = — 23 cm

0	+0°16	1,99	3,62	2,85	2,86
2	2°54	15,58	28,15	22,62	22,50
5	4°60	17,85	32,25	25,91	25,56
10	5°32	18,03	32,57	26,17	25,74
15	6°32	18,55	33,51	26,93	26,36
20	6°60	18,69	33,77	27,13	26,52
30	5°97?	18,69?	33,77	27,13	26,60
40	6°00	18,44	33,31	26,77	26,24
50	6°07	18,80	33,96	27,29	26,74

9. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 767,9 Wind = S 4 m W = — 42 cm

0	+0°29	2,91	5,28	4,20	4,21
5	2°29	17,19	31,06	24,95	24,82
10	4°52	17,88	32,30	25,95	25,61
15	5°19	18,16	32,81	26,36	25,94
20	5°83	18,32	33,10	26,59	26,09
30	6°56	18,71	33,80	27,16	26,55
40	5°96	18,82	34,00	27,32	26,78
50	6°08	18,65	33,69	27,07	26,53

12. Februar 1909 4,30 p. m.
B = 773,3 Wind = O W = — 50 cm

0	+0°07	15,97	28,86	23,18	23,18
5	0°33	16,02	28,95	23,25	23,24
10	0°78	16,21	29,29	23,53	23,50
20	1°15	16,49	29,79	23,94	23,89
25	2°50	17,19	31,06	24,95	24,80
30	4°37	17,81	32,18	25,85	25,52
32	4°64	17,96	32,45	26,07	25,62
35	5°94	18,40	33,24	26,71	26,20
40	6°12	18,65	33,69	27,07	26,53
50	6°13	18,71	33,80	27,16	26,62

13. Februar 1909 12,15 p. m.
B = 771,6 Wind = N 1 m W = — 48 cm

0	0°00	1,50	2,74	2,13	2,13
5	+0°20	15,91	28,75	23,09	23,09
10	0°65	16,17	29,22	23,47	23,45
20	1°00	16,46	29,74	23,89	23,85
25	1°95	17,00	30,72	24,68	24,58
30	4°35	17,83	32,21	25,88	25,56
35	6°33	18,45	33,33	26,78	26,21
40	6°35	18,85	34,05	27,36	26,78
50	6°29	14,90	34,14	27,44	26,86

14. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 761,9 Wind = W 15 m W = + 6 cm

Tiefe Meter	Temp. Celsius	Cl ‰	S ‰	σ_0	σ_t
0	+0°10	1,35	2,47	1,91	1,91
10	0°52	16,02	28,95	23,25	23,23
20	0°64	16,26	29,38	23,60	23,58
27	2°05	17,05	30,81	24,75	24,64
30	3°85	17,60	31,80	25,55	25,29
32	4°92	18,10	32,70	26,27	25,88
40	6°20	18,81	33,98	27,31	26,75
50	6°20	18,86	34,07	27,38	26,82

15. Februar 1909 12,45 p. m.
B = 746,3 Wind = N 8 m W = + 9 cm

0	+0°30	0,71	1,30	0,99	1,00
10	0°20	15,72	28,40	22,82	22,81
20	0°29	15,90	28,73	23,08	23,07
30	1°75	16,78	30,32	24,36	24,27
32	3°12	17,38	31,40	25,23	25,23
34	4°85	18,03	32,57	26,17	25,79
40	6°30	18,71	33,80	27,16	26,59
50	6°10	18,76	33,89	27,23	26,69

16. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 752,5 Wind = NNE 8 m W = — 5 cm

0	+0°25	0,54	0,99	0,76	0,77
10	0°09	15,69	28,35	22,78	22,78
15	0°45	16,13	29,14	23,41	23,39
20	2°85	17,25	31,17	25,04	24,87
22	4°27	17,93	32,39	26,03	25,71
24	4°88	18,22	32,92	26,45	26,06
27	5°65	18,52	33,46	26,88	26,40
30	6°00	18,61	33,62	27,02	26,49
40	6°05	18,89	34,13	27,42	26,88
50	6°05	18,93	34,20	27,48	26,94

17. Februar 1909 12,20 p. m.
B = 759,1 Wind = N 2 m W = — 12 cm

0	+0°33	0,82	1,51	1,15	1,17
5	0°00	15,71	28,39	22,80	22,80
10	+1°91	16,77	30,30	24,34	24,24
14	3°95	17,85	32,25	25,91	25,62
16	4°25	18,12	32,74	26,30	25,99
18	4°49	18,20	32,88	26,42	26,08
20	5°52	18,42	33,28	26,74	26,28
30	6°04	18,66	33,71	27,09	26,56
40	6°07	18,81	33,98	27,31	26,76
50	6°10	18,94	34,22	27,49	26,94

18. Februar 1909 12,20 p. m.
B = 761,2 Wind = O W = — 20 cm

Tiefe Meter	Temp. Celsius	Cl ‰	S ‰	σ_o	σ_t
0	+0°59	1,22	2,23	1,72	1,74
2	0°14	15,09	27,27	21,90	21,90
4	0°19	15,65	28,28	22,72	22,72
6	2°54	17,03	30,77	24,72	24,58
8	4°64	18,06	32,63	26,22	25,87
10	4°85	18,15	32,79	26,35	25,98
15	5°45	18,39	33,22	26,70	26,25
20	5°81	18,57	33,55	26,96	26,45
30	5°56	18,77	33,91	27,25	26,77
40	5°98	18,91	34,16	27,45	26,91
50	5°99	18,96	34,25	17,52	26,98

19. Februar 1909 12,0 m. d.
B = 765,4 Wind = S 1 m W = — 23 cm

0	+0°09	0,87	1,60	1,22	1,22
2	0°17	15,18	27,43	22,04	22,03
4	0°34	15,80	28,55	22,93	22,92
6	2°80	17,24	31,15	25,02	24,85
8	4°38	17,91	32,36	26,00	25,67
10	4°93	18,17	32,83	26,38	25,99
15	5°84	18,48	33,39	26,83	26,32
20	5°80	18,63	33,66	27,04	26,53
30	6°05	18,84	34,04	27,35	26,81
40	5°86	18,87	34,09	27,39	26,86
50	5°86	18,96	34,13	27,42	26,89

20. Februar 1909 12,20 p. m.
B = 771,6 Wind = O W = — 30 cm

0	+0°57	0,72	1,32	1,01	1,03
5	0°30	15,73	28,42	22,83	22,82
7	0°85	16,12	29,13	23,40	23,36
10	2°85	17,49	31,60	25,39	25,22
12	4°39	18,08	32,66	26,24	25,91
15	5°94	18,27	33,01	26,51	26,11
20	5°75	18,48	33,39	26,83	26,34
30	5°69	18,72	33,82	27,18	26,69
40	5°95	18,98	34,29	27,55	27,01
50	5°97	18,99	34,31	27,57	27,03

21. Februar 1909 12,20 p. m.
B = 776,4 Wind = SSE 2 m W = — 43 cm

0	+0°43	0,97	1,78	1,36	1,38
2	0°16	15,03	27,16	21,82	21,82
4	0°38	15,75	28,46	22,86	22,84
6	1°06	16,24	29,34	23,57	23,53
8	2°36	17,05	30,81	24,75	24,61
10	3°96	17,82	32,20	25,87	25,58
15	5°11	18,32	33,10	26,59	26,18
20	+5°76	18,66	33,71	27,09	26,58
25	5°60	18,72	33,82	27,18	26,70
30	5°51	18,91	34,16	27,45	26,97
40	5°69	19,00	34,33	27,58	27,08
50	5°77	18,99	34,31	27,57	27,06

22. Februar 1909 12,20 p. m.
B = 775,0 Wind = O W = — 41 cm

0	+0°50	2,44	4,43	3,51	3,53
5	0°32	15,55	28,10	22,57	22,56
10	1°00	16,26	29,38	23,60	23,56
15	2°70	17,28	31,22	25,08	24,91
20	5°05	18,29	33,04	26,55	26,15
30	5°75	18,86	34,07	27,38	26,88
40	5°79	18,99	34,31	27,57	27,05
50	5°90	18,99	34,31	27,57	27,04

23. Februar 1909 1,0 p. m.
B = 776,6 Wind = O W = — 43 cm

0	+0°28	1,34	2,45	1,90	1,91
5	0°52	15,56	28,12	22,59	22,57
10	0°62	15,83	28,60	22,98	22,96
15	0°95	16,30	29,45	23,66	23,62
18	1°46	16,61	30,01	24,11	24,04
20	2°93	17,39	31,42	25,24	25,06
22	4°68	18,05	32,61	26,20	25,83
25	5°18	18,41	33,26	26,72	26,30
30	5°71	18,82	34,00	27,32	26,82
40	5°76	18,80	33,96	27,29	26,79
50	5°95	18,89	34,13	27,42	26,88

24. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 778,8 Wind = N 2 m W = — 43 cm

0	+0°60	1,18	2,16	1,66	1,69
5	0°40	15,63	28,24	22,69	22,67
10	0°43	15,65	28,28	22,72	22,70
15	0°61	15,98	28,87	23,20	23,18
20	1°18	16,50	29,81	23,95	23,90
22	3°92	17,80	32,16	25,84	25,56
25	5°11	18,37	33,19	26,67	26,26
30	5°70	18,78	33,93	27,26	26,74
40	5°85	18,93	34,20	27,48	26,97
49	5°85	18,96	34,25	27,52	27,01

25. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 778,2 Wind = NE 5 m W = — 42 cm

0	+0°38	1,33	2,43	1,88	1,90
10	0°47	15,64	28,26	22,70	22,68
15	0°86	16,18	29,23	23,49	23,45
18	3°58	17,66	31,91	25,64	25,40
20	4°92	18,27	33,01	26,52	26,13

Tiefe Meter	Temp. Celsius	Cl ‰	S ‰	σ_0	σ_t
25	+5°53	18,57	33,57	26,97	26,50
30	5°62	18,72	33,82	27,18	26,70
40	5°60	18,90	34,14	27,44	26,96
49,5	5°61	18,91	34,16	27,45	26,97

26. Februar 1909 12,0 m. d.
B = 775,8 Wind = NE 2 m W = — 47 cm

0	+0°28	1,15	2,11	1,62	1,63
10	0°62	15,82	28,59	22,96	22,94
15	2°36	17,11	30,91	24,84	24,70
18	4°40	18,06	32,63	26,22	25,89
20	4°82	18,20	32,88	26,42	26,04
25	5°43	18,49	33,40	26,84	26,39
30	5°64	18,68	33,75	27,13	26,65
40	5°82	18,86	34,07	27,38	26,86
50	5°91	18,87	34,09	27,39	26,86

27 Februar 1909 12,30 p. m.
B = 770,5 Wind = O W = — 40 cm

0	+0°20	1,19	2,18	1,68	1,69
10	0°40	10,52	19,02	15,28	15,28
15	1°02	16,22	29,31	23,54	23,50
20	2°20	16,98	30,68	24,65	24,53
22	3°00	17,38	31,40	25,23	25,04
25	4°10	17,89	32,32	25,97	25,67
28	4°91	—	—	—	—
30	5°38	18,47	33,37	26,81	26,35
40	5°45	18,52	33,46	26,88	26,42
50	5°95	18,87	34,09	27,39	26,86

28. Februar 1909 12,30 p. m.
B = 763,5 Wind = E 2 m W = — 30 cm

0	0°00	1,96	3,57	2,81	2,81
2,5	0°89	14,84	26,82	21,54	21,51
10	0°90	15,48	27,97	22,47	22,43
20	0°85	16,17	29,22	23,47	23,43
25	2°65	17,25	31,17	25,04	24,88
30	5°15	18,34	33,13	26,62	26,21
40	5°85	18,89	34,13	27,42	26,90
50	5°92	18,91	34,16	27,45	26,92

1. März 1909 12,30 p. m.
B = 759,4 Wind = E 2 m W = — 25 cm

0	0°00	1,43	2,61	2,03	2,03
10	0°37	15,33	27,70	22,25	22,26
20	0°93	16,28	29,42	23,63	23,59
22	2°30	17,04	30,79	24,73	24,59
25	4°60	18,13	32,75	26,32	25,97
30	5°56	18,69	33,77	27,13	26,65
40	5°75	18,90	34,14	27,44	26,94
50	5°80	18,92	34,18	27,47	26,96

2. März 1909 1,0 p. m.
B = 753,9 Wind = E 3 m W = — 22 cm

Tiefe Meter	Temp. Celsius	Cl ‰	S ‰	σ_0	σ_t
0	+0°10	1,64	2,99	2,34	2,34
10	0°45	15,32	27,68	22,24	22,22
20	3°60	17,74	32,05	25,75	25,51
25	4°75	18,23	32,94	26,46	26,09
30	5°42	18,54	33,49	26,91	26,46
50	5°85	18,80	33,96	27,29	26,77

3. März 1909 12,30 p. m.
B = 747,3 Wind = NE 12 m W = — 35 cm

0	±0°00	1,74	3,17	2,49	2,49
10	0°48	15,61	28,21	22,66	22,64
12	0°90	16,22	29,31	23,54	23,50
15	2°65	17,25	31,17	25,04	24,88
20	4°52	18,20	32,88	26,42	26,08
30	5°52	18,78	33,93	27,26	26,78
40	5°72	18,90	34,14	27,44	26,94
50	5°75	18,94	34,22	27,49	26,99

4. März 1909 12,30 p. m.
B = 745,6 Wind = NE 5 m W = — 46 cm

0	+0°18	1,66	3,03	2,37	2,38
5	0°60	15,75	28,46	22,86	22,84
8	3°74	17,75	32,07	25,77	25,51
10	4°80	18,27	33,01	26,52	26,14
15	5°24	18,52	33,46	26,88	26,45
20	4°82	18,60	33,60	27,00	26,61
30	5°37	18,78	33,93	27,26	26,80
40	5°70	18,90	34,14	27,44	26,94
50	5°65	18,92	34,18	27,47	26,98

5. März 1909 12,30 p. m.
B = 750,5 Wind = NE 2 m W = — 40 cm

0	+0°27	1,80	3,28	2,57	2,59
3	0°82	16,05	29,00	23,30	23,27
4	2°10	16,84	30,43	24,44	24,32
5	4°00	17,85	32,25	25,91	25,62
10	5°35	18,61	33,62	27,02	26,58
15	5°35	18,70	33,78	27,15	26,71
20	5°35	18,77	33,91	27,25	26,81
30	5°55	18,93	34,20	27,48	27,00
40	5°78	19,01	34,34	27,60	27,08
50	5°83	19,01	34,34	27,60	27,08

6. März 1909 12,30 p. m.
B = 755,5 Wind = SSE 4 m W = — 33 cm

0	+0°09	1,54	2,81	2,19	2,19
2	0°48	14,74	26,64	21,40	21,39
4	4°18	17,96	32,45	26,07	25,76
6	5°13	18,44	33,31	26,77	26,35

Tiefe Meter	Temp. Celsius	Cl ‰	S ‰	σ_o	σ_t
10	+5°15	18,70	33,78	27,13	26,71
20	5°33	18,85	34,05	27,36	26,90
30	5°70	18,95	34,23	27,51	27,01
40	5°65	19,02	34,36	27,61	27,12
50	5°75	19,03	34,38	27,63	27,13

7. März 1909 12,30 p. m.

B = 760,5 Wind = O W = — 45 cm

0	+0°25	1,49	2,72	2,12	2,13
4	0°82	16,19	29,25	23,50	23,47
6	1°48	16,79	30,34	24,37	24,29
8	3°50	17,82	32,20	25,87	25,63
10	5°14	18,50	33,42	26,86	26,44
20	5°25	18,76	33,89	27,23	26,80
30	5°65	18,96	34,25	27,52	27,03
40	5°95	19,07	34,45	27,68	27,15
49,5	6°11	19,08	34,47	27,70	27,15

8. März 1909 12,30 p. m.

B = 765,0 Wind = SSE 4 m W = — 65 cm

0	+0°20	1,18	2,16	1,66	1,67
10	0°95	16,67	30,12	24,20	24,15
12	1°45	17,11	30,91	24,84	24,77
14	3°05	17,57	31,74	25,50	25,31
18	4°55	18,27	33,01	26,52	26,17
20	5°17	18,51	33,44	26,87	26,44
30	5°56	18,88	34,11	27,41	26,92
40	6°00	19,07	34,45	27,68	27,14
48,5	6°05	19,07	34,45	27,68	27,14

9. März 1909 12,30 p. m.

B = 769,5 Wind = O W = — 62 cm

0	0°00	1,23	2,25	1,74	1,74
10	0°50	16,28	29,42	23,63	23,61
20	1°98	17,05	30,81	24,75	24,64
22	3°67	17,82	32,20	25,87	25,61
25	5°16	18,58	33,57	26,97	26,54
30	5°48	18,78	33,93	27,26	26,78
40	5°75	18,97	34,27	27,54	27,04
49,5	5°90	19,02	34,36	27,61	27,08

10. März 1909 12,45 p. m.

B = 769,1 Wind = NW 1 m W = — 60 cm

0	+0°05	1,49	2,72	2,12	2,12
10	0°42	15,96	28,84	23,17	23,15
20	0°85	16,47	29,76	23,91	23,87
25	3°98	17,94	32,41	26,04	26,75
30	5°41	18,71	33,80	27,16	26,70
40	5°88	18,97	34,27	27,54	27,01
49,5	5°95	18,97	34,27	27,54	27,01

11. März 1909 11,30 a. m.

B = 766,6 Wind = W = — 62 cm

Tiefe Meter	Temp. Celsius	Cl ‰	S ‰	σ_o	σ_t
0	—0°02	1,12	2,05	1,58	1,58
10	—0°18	15,71	28,39	22,80	22,80
12	—0°07	15,76	28,48	22,88	22,88
15	+0°12	15,92	28,77	23,11	23,11
20	0°24	16,16	29,20	23,46	23,45
25	1°82	16,96	30,64	24,62	24,52
28	4°51	18,24	32,95	26,48	26,13
30	5°15	18,53	33,48	26,90	26,48
40	5°91	19,01	34,34	27,60	27,07
49,5	5°96	18,99	34,31	27,57	27,03

12. März 1909 11,30 a. m.

B = 761,3 Wind = N 2 m W = — 40 cm

0	—0°08	1,44	2,63	2,05	2,05
10	—0°38	15,54	28,08	22,56	22,56
15	—0°22	15,69	28,35	22,78	22,78
20	—0°15	15,87	28,68	23,04	23,04
23	+0°23	16,07	29,04	23,33	23,32
25	3°34	17,69	31,96	25,68	25,46
27	3°36	17,69	31,96	25,68	25,46
28	4°90	18,34	33,13	26,62	26,31
30	5°24	18,48	33,39	26,83	26,40
40	5°82	18,97	34,27	27,54	27,02
49	5°83	18,98	34,29	27,55	27,03

13. März 1909 12,30 p. m.

B = 753,3 Wind = N 2 m W = — 27 cm

0	—0°35	1,59	2,90	2,27	2,27
2	—1°11	14,34	25,91	20,82	20,84
10	—0°55	15,31	27,66	22,22	22,23
20	—0°35	15,75	28,46	22,86	22,86
25	+1°44	16,80	30,35	24,39	24,31
27	4°15	18,00	32,52	26,13	25,83
30	5°23	18,58	33,57	26,97	26,54
40	5°83	18,94	34,22	27,49	26,97
49	5°88	19,01	34,34	27,60	27,07

14. März 1909 12,30 p. m.

B = 747,4 Wind = S 2 m W = — 25 cm

0	—0°10	1,55	2,90	2,27	2,27
10	—0°63	15,16	27,39	22,01	22,02
15	—0°40	15,56	28,12	22,59	22,60
20	+2°57	17,24	31,15	25,02	24,86
25	5°34	18,65	33,69	27,07	26,62
30	5°61	18,91	34,16	27,45	26,96
40	5°90	19,02	34,36	27,61	27,08
49	5°93	19,02	34,36	27,61	27,08

19. März 1909 12,30 p. m.
B = 760,1 Wind = N 2 m W = — 27 cm

Tiefe Meter	Temp. Celsius	Cl ‰	S ‰	σ_0	σ_t
0	—0°06	1,44	2,63	2,05	2,05
10	—0°85	14,71	26,58	21,35	21,37
15	+2°09	17,01	30,73	24,69	24,57
18	5°03	18,53	33,48	26,90	26,49
20	5°35	18,75	33,87	27,22	26,77
30	5°70	18,95	34,23	27,51	27,01
40	5°95	19,06	34,43	27,67	27,14
49	6°01	19,08	34,47	27,70	27,16

20. März 1909 12,30 p. m.
B = 759,6 Wind = ? W = — 17 cm

0	—0°05	1,54	2,81	2,19	2,19
10	—0°88	14,55	26,29	21,12	21,14
15	+1°14	16,44	29,70	23,86	23,81
18	4°97	18,46	33,35	26,80	26,39
20	5°27	18,67	33,73	27,10	26,65
30	5°89	19,01	34,34	27,60	27,07
40	5°95	19,06	34,43	27,67	27,14
49	6°00	19,06	34,43	27,67	27,13

21. März 1909 12,30 p. m.
B = 761,0 Wind = N 4 m W = — 30,0 cm

0	—0°10	1,23	2,25	1,74	1,74
10	—1°01	14,12	25,52	20,50	20,52
15	—0°34	14,40	26,02	20,90	20,91
20	+2°30	17,13	30,95	24,87	24,73
25	5°37	18,68	33,75	27,12	26,66
30	5°63	18,86	34,07	27,38	26,89
40	5°97	19,03	34,38	27,63	27,09
49	6°05	19,06	34,43	27,67	27,13

22. März 1909 12,30 p. m.
B = 758,2 Wind = ? W = — 30 cm

0	—0°06	1,50	2,74	2,13	2,13
5	—0°88	13,35	24,13	19,38	19,39
10	—0°92	13,65	24,67	19,82	19,83
15	—0°90	14,36	25,95	20,85	20,87
20	+3°60	17,79	32,14	25,82	25,57
22	+5°10	18,55	33,51	26,93	26,51
25	5°58	18,77	33,91	27,25	26,77
30	5°75	18,93	34,20	27,48	26,98
40	5°86	18,99	34,31	27,57	27,05
49	5°87	19,01	34,34	27,60	27,07

23. März 1909 12,30 p. m.
B = 759,1 Wind = ? W = — 43,0 cm

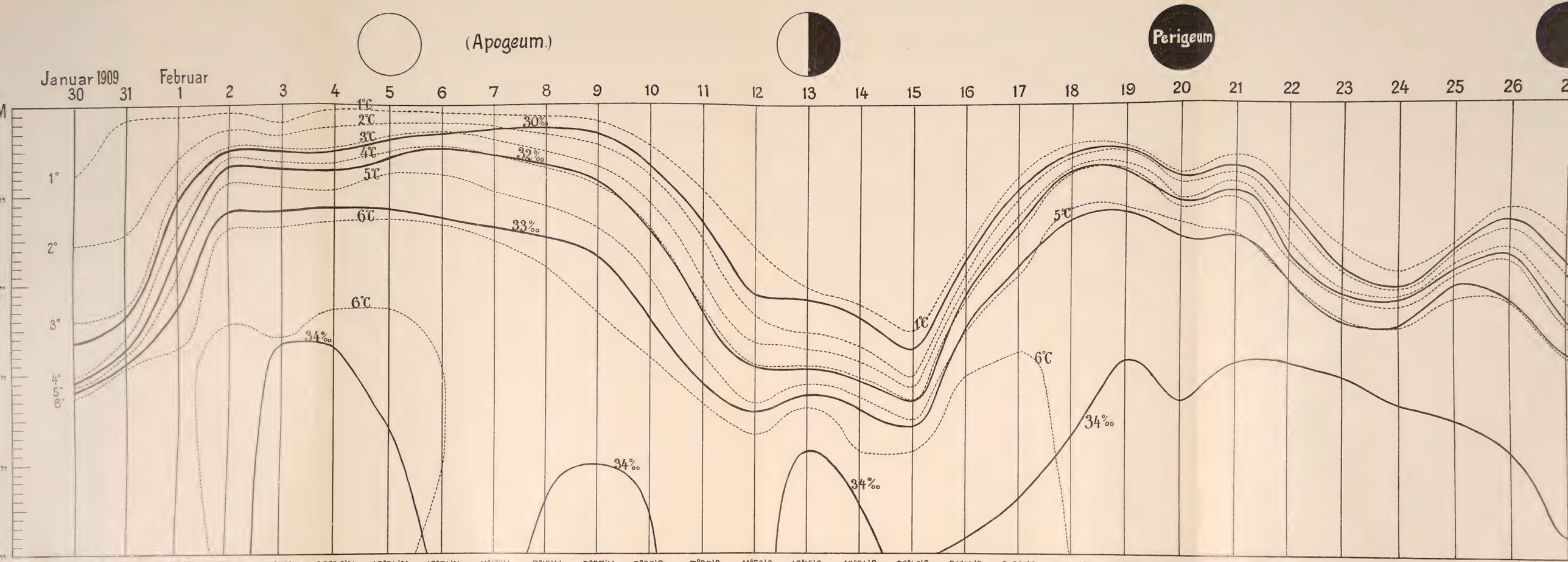
0	—0°05	1,52	2,77	2,16	2,16
5	—0°76	13,41	24,24	19,47	19,48
10	—0°78	13,19	23,84	19,15	19,17
15	±0°00	15,43	27,88	22,40	22,40
20	+2°36	17,02	30,75	24,71	24,57
21	4°27	18,11	32,72	26,29	25,97
25	5°52	18,77	33,91	27,25	26,78
30	5°83	18,95	34,23	27,51	26,99
40	5°61	19,01	34,34	27,60	27,11
49	5°75	19,03	34,38	27,63	27,13

24. März 1909 12,30 p. m.
B = 759,4 Wind = ? W = — 42 cm

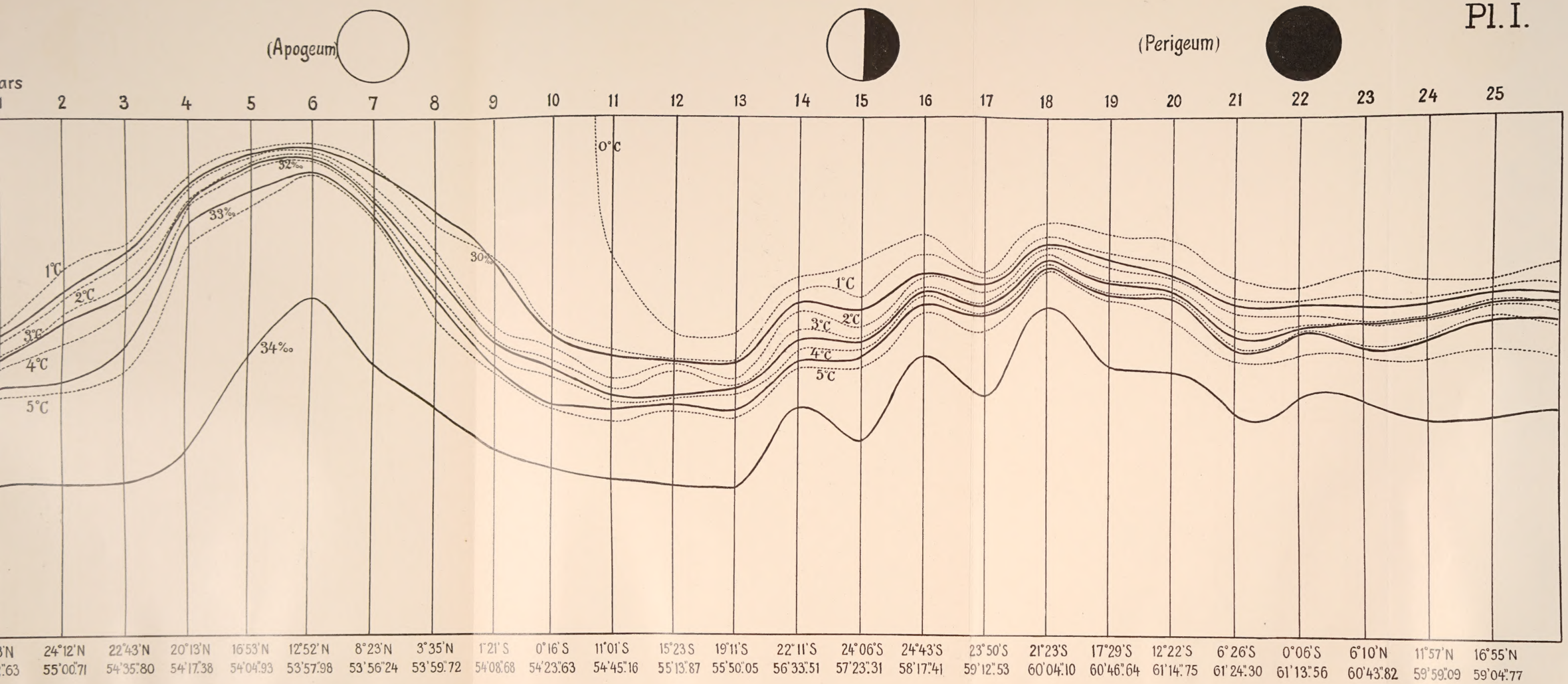
0	—0°05	1,66	3,03	2,37	2,37
10	—0°74	13,65	24,67	19,82	19,83
15	—0°42	15,01	27,12	21,79	21,80
18	+2°58	17,15	30,99	24,89	24,74
20	4°55	18,23	32,94	26,46	26,11
30	5°74	18,86	34,07	27,38	26,88
40	5°75	19,01	34,34	27,60	27,11
49	5°87	19,02	34,36	27,61	27,08

25. März 1909 12,30 p. m.
B = 751,4 Wind = ? W = — 58 cm

0	—0°09	1,69	3,08	2,41	2,41
10	—0°86	13,56	24,51	19,69	19,70
15	—0°28	15,21	27,48	22,08	22,08
18	+4°45	18,26	32,99	26,51	26,17
20	5°26	18,63	33,66	27,04	26,59
30	5°77	18,91	34,16	27,45	26,93
40	5°81	18,99	34,31	27,51	26,99
49	5°88	19,01	34,34	27,60	27,07


(Apogeum.)
Perigeum
Januar 1909
Februar
30 31 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
1°C
2°C
3°C
4°C
5°C
6°C
30‰
32‰
33‰
34‰
1°
2°
3°
4°
5°
6°
Declination. 18°32'N 21°54'N 23°46'N 24°24'N 23°49'N 22°06'N 19°24'N 15°54'N 11°47'N 7°15'N 2°27'N 2°28'S 7°20'S 11°59'S 16°15'S 19°54'S 22°40'S 24°14'S 24°21'S 22°49'S 19°41'S 15°10'S 9°39'S 3°35'S 2°35'N 8°29'N 13°45'N 18°09'N
Parallax. 56'39".38 55'23".03 55'50".32 55'22".09 54'57".58 54'36".93 54'20".28 54'07".99 54'00".73 53'59".42 54'05".05 54'18".65 54'41".03 55'12".70 55'53".55 56'42".70 57'38".16 58'36".66 59'23".68 60'23".56 61'00".62 61'20".07 61'19".53 60'59".51 60'23".23 59'35".75 58'42".53 57'48".48

Pl. I.


(Apogeum)
(Perigeum)
ars
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
0°c
32‰
33‰
30‰
34‰
1°C
2°C
3°C
4°C
5°C
1°C
2°C
3°C
4°C
5°C
'N 24°12'N 22°43'N 20°13'N 16°53'N 12°52'N 8°23'N 3°35'N 1°21' S 0°16' S 11°01' S 15°23 S 19°11'S 22°11'S 24°06'S 24°43'S 23°50'S 21°23'S 17°29'S 12°22'S 6°26'S 0°06'S 6°10'N 11°57'N 16°55'N
".63 55°00".71 54°35".80 54°17".38 54°04".93 53°57".98 53°56".24 53°59".72 54°08".68 54°23".63 54°45".16 55°13".87 55°50".05 56°33".51 57°23".31 58°17".41 59°12".53 60°04".10 60°46".64 61°14".75 61°24".30 61°13".56 60°43".82 59°59".09 59°04".77

NB. Une **LISTE DES PUBLICATIONS** du Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, savoir:

Série A: Rapports et Procès-Verbaux des réunions

— B: Bulletin (trimestriel) des résultats acquis pendant les croisières périodiques etc.

— C: Publications de circonstance

— D: Bulletin statistique

a paru en Avril 1909. Elle est envoyée **franco**, sur demande adressée à MM. **Andr. Fred. Høst et fils**, libraires à Copenhague.

COPENHAGUE - IMPRIMERIE BIANCO LUNO